

光触媒作用を利用した電力貯蔵を伴う 水分解反応系の構築

太陽光発電研究センター
機能性材料チーム
三石雄悟、佐山和弘

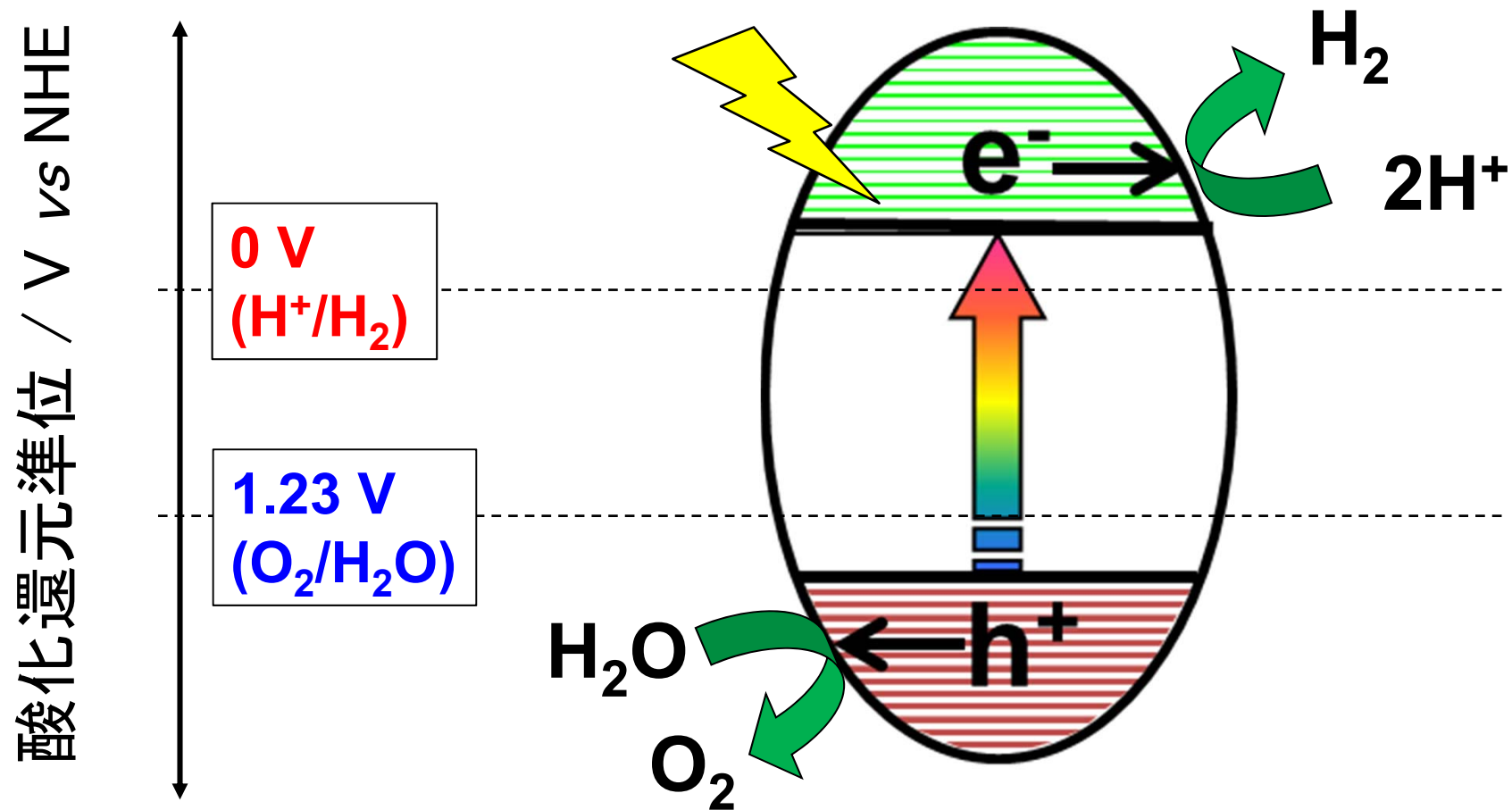
粉末光触媒を利用した太陽光エネルギー変換 ～シンプルな手法で太陽光から化学エネルギーを獲得可能～



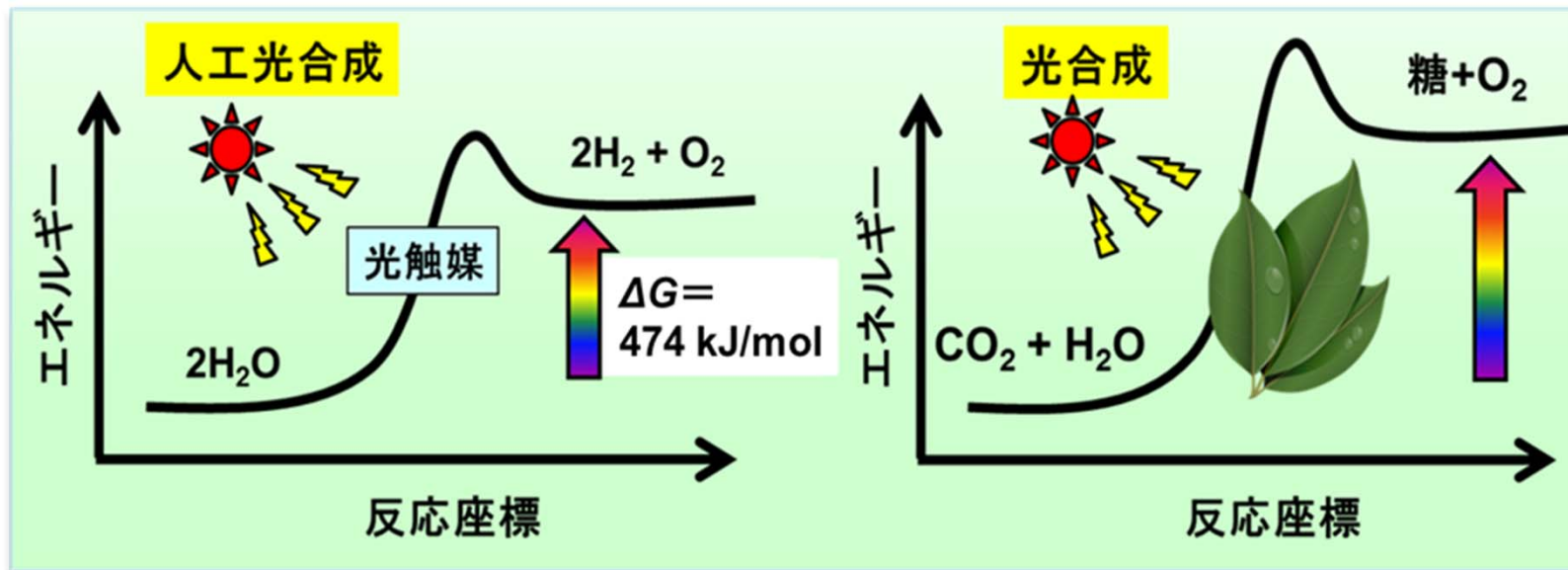
※化学エネルギーは溶液中に蓄積

光エネルギーを電力および水素エネルギーへ
 直接変換し、獲得できる光触媒反応

粉末光触媒を利用した太陽光エネルギー変換 ~シンプルな手法で太陽光から化学エネルギーを獲得可能~



粉末光触媒を利用した太陽光エネルギー変換 ～シンプルな手法で太陽光から化学エネルギーを獲得可能～



酸化還元準位 / V vs NHE



$H^+/H_2: 0\text{ V}$

$O_2/H_2O: 1.23\text{ V}$

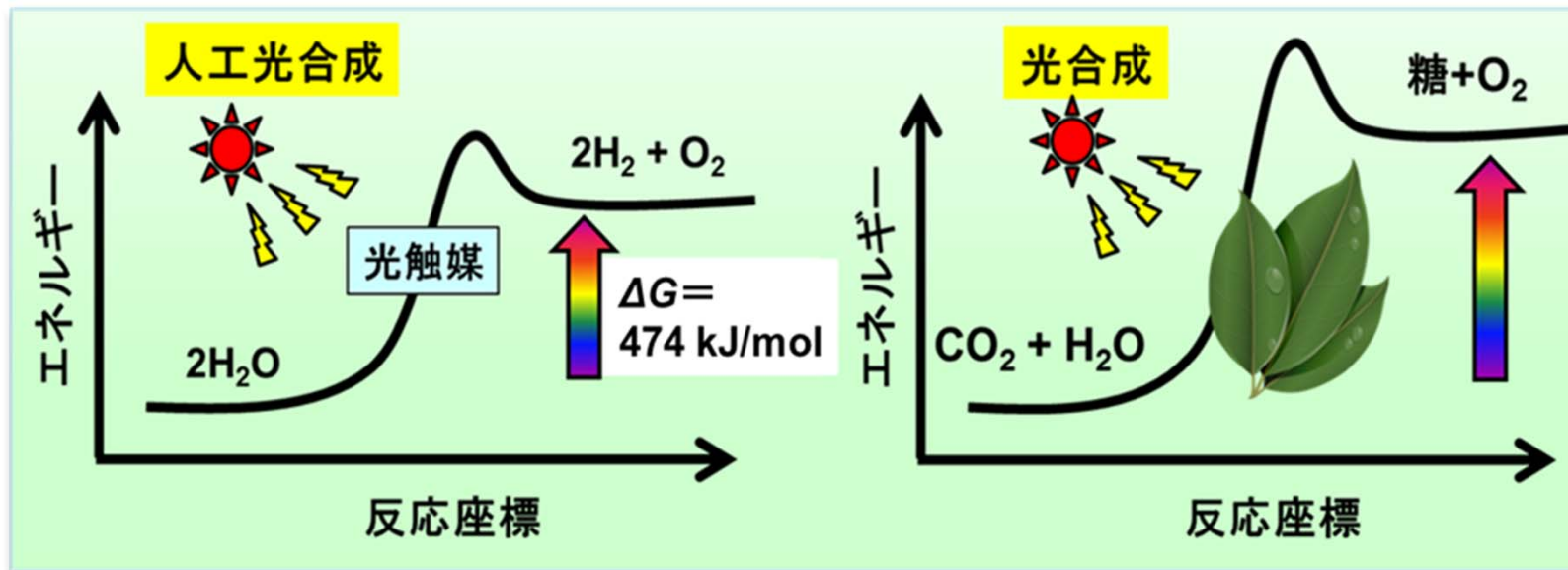
水素 1 mol 生成した場合のギブス自由エネルギー変化

※ [V]は[eV]と置き換えて議論可能

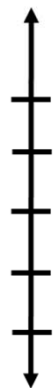
$$\begin{aligned} \Delta G &= (1.23 - 0) [\text{eV}] \times 2 \times 6.02 \times 10^{23} \\ &= 1.23 \times 1.602 \times 10^{-19} [\text{J}] \times 2 \times 6.02 \times 10^{23} \\ &= \mathbf{237.2\text{ kJ}}/\text{mol} (\text{H}_2) \end{aligned}$$

電子1個の持つエネルギー : $1\text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} [\text{J}]$
物質質量 : $1\text{ mol} = 6.02 \times 10^{23}$

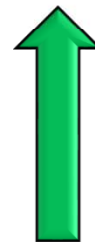
粉末光触媒を利用した太陽光エネルギー変換 ～シンプルな手法で太陽光から化学エネルギーを獲得可能～



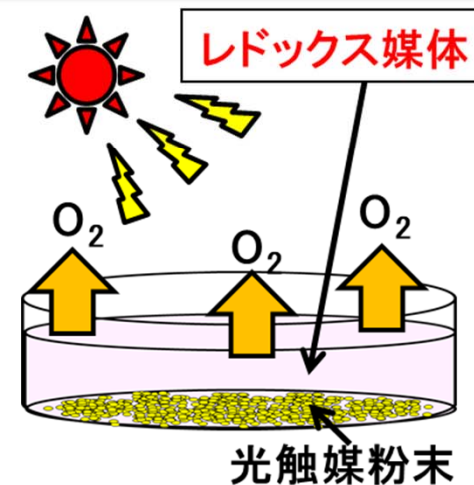
酸化還元準位 / V vs NHE



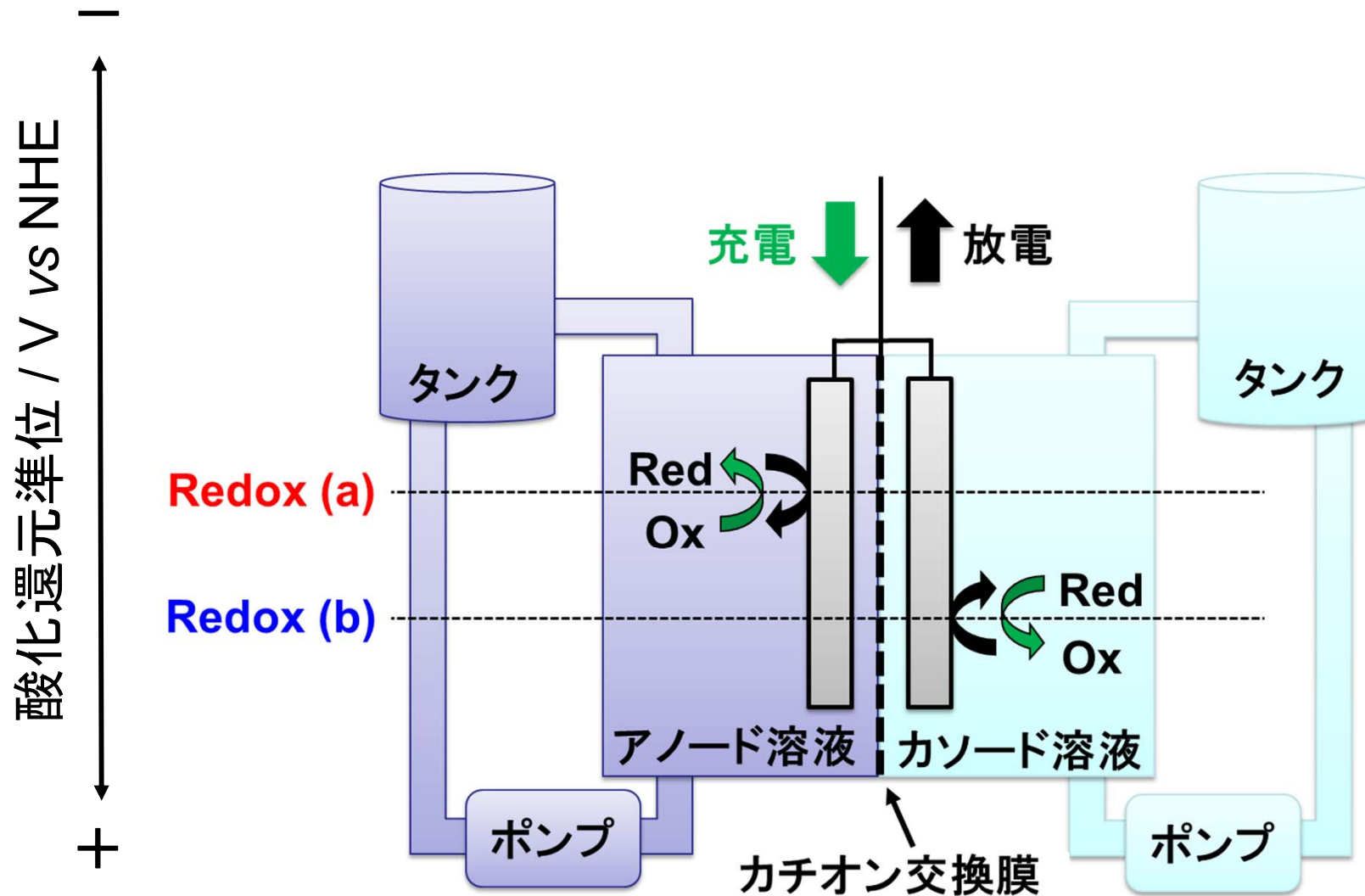
- H⁺/H₂: 0 V
- Co(bpy)₃^{3+/2+}: 0.32 V
- Fe^{3+/2+}: 0.77 V
- V^{5+/4+}: 1.00 V
- O₂/H₂O: 1.23 V



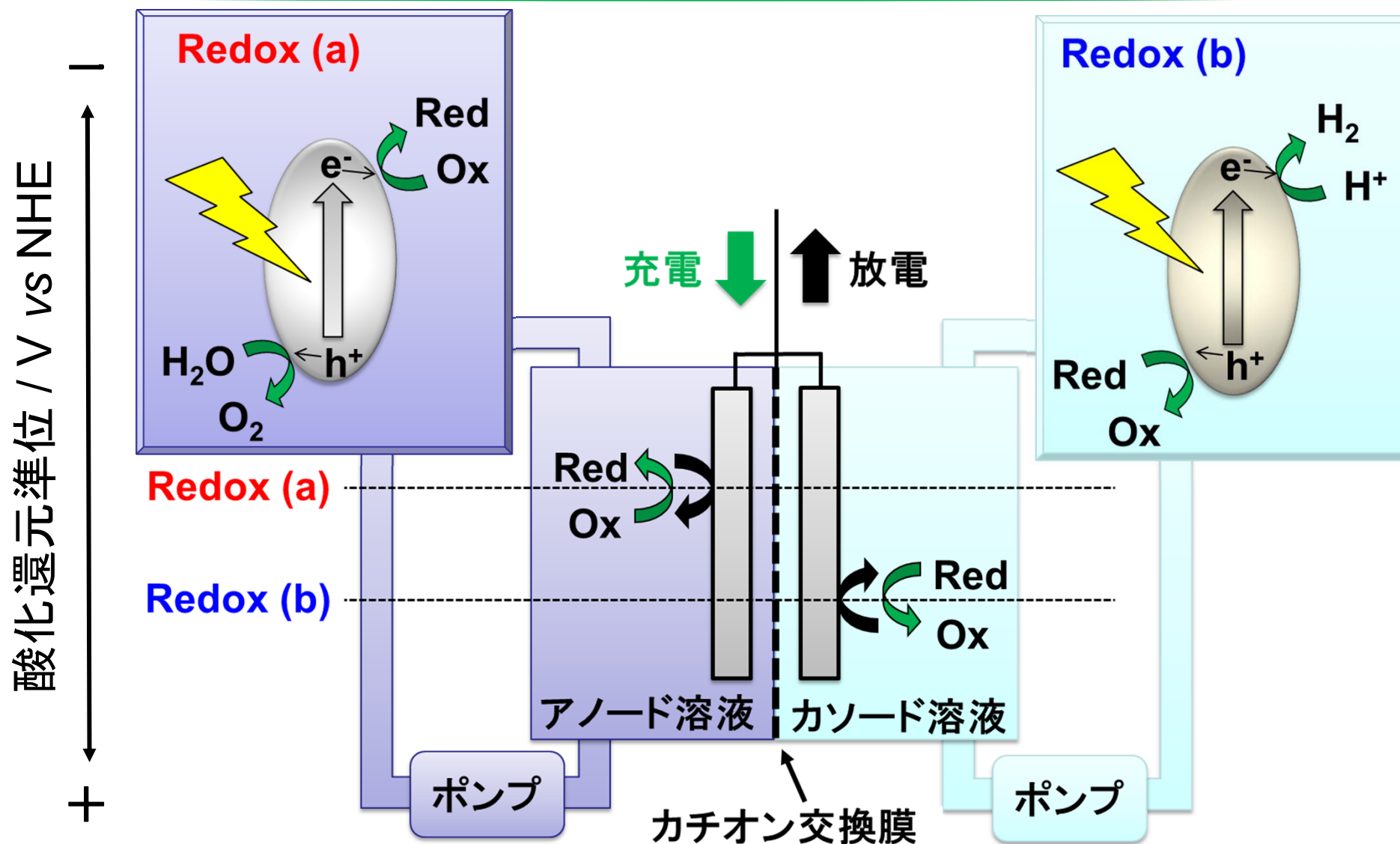
化学エネルギー蓄積



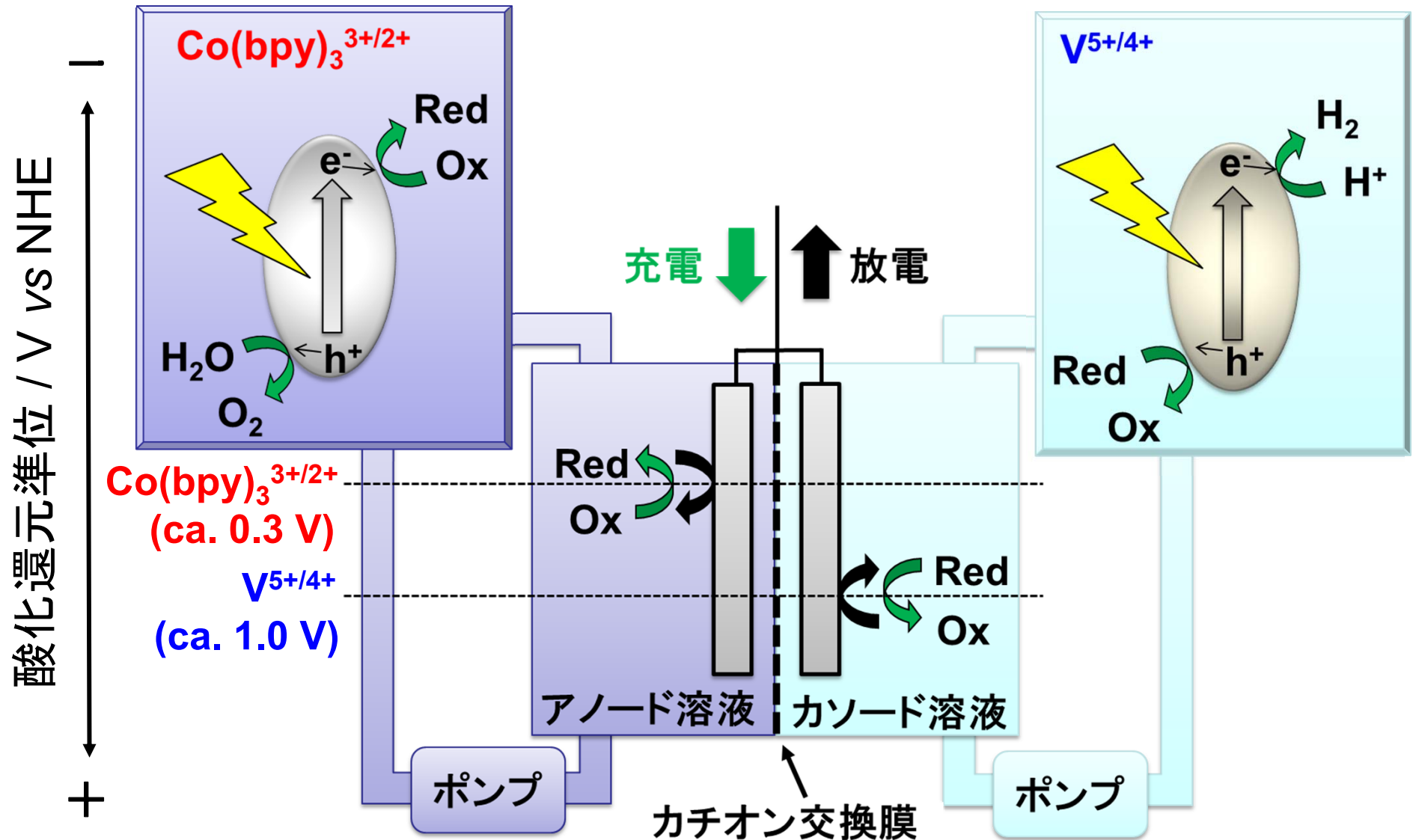
レドックスフロー電池の動作原理



太陽光で充電可能な二次電池の動作原理 ～水分解由来の水素も合わせて獲得～

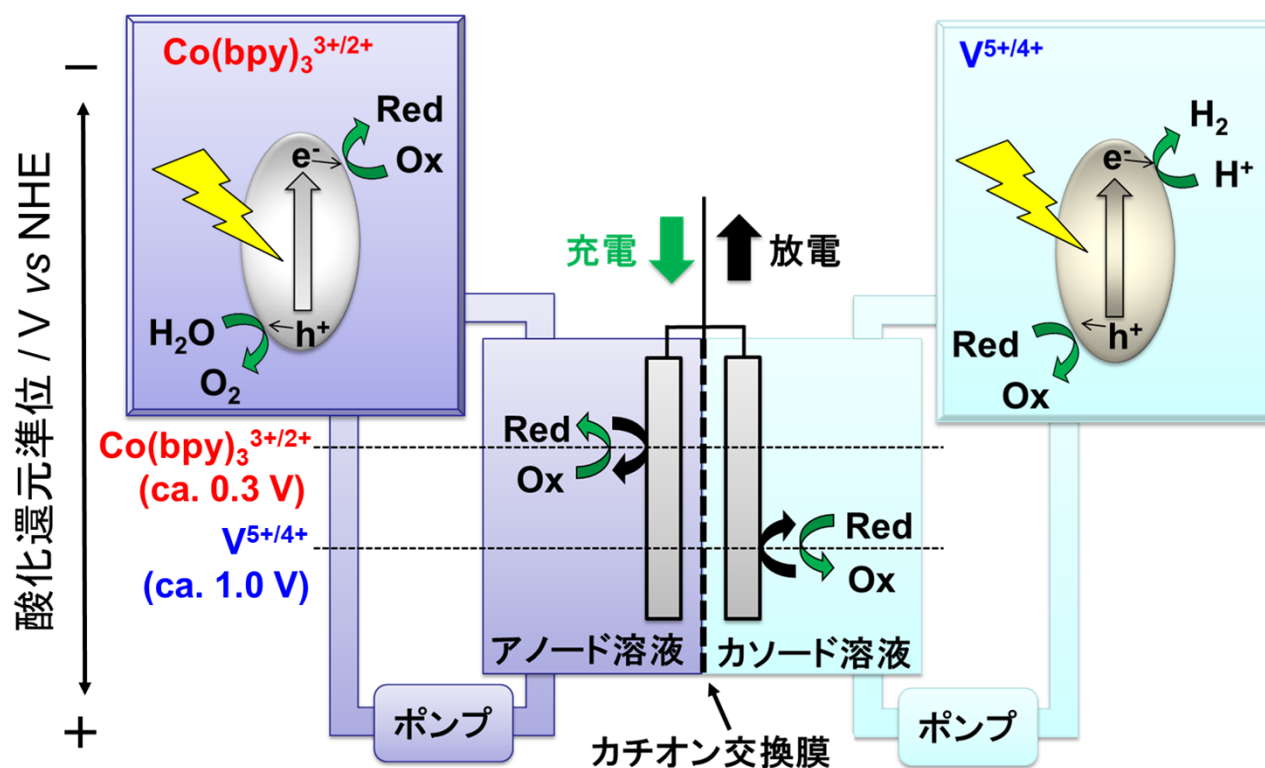


太陽光で充電可能な二次電池の動作原理 ～水分解由来の水素も合わせて獲得～



本研究の目的

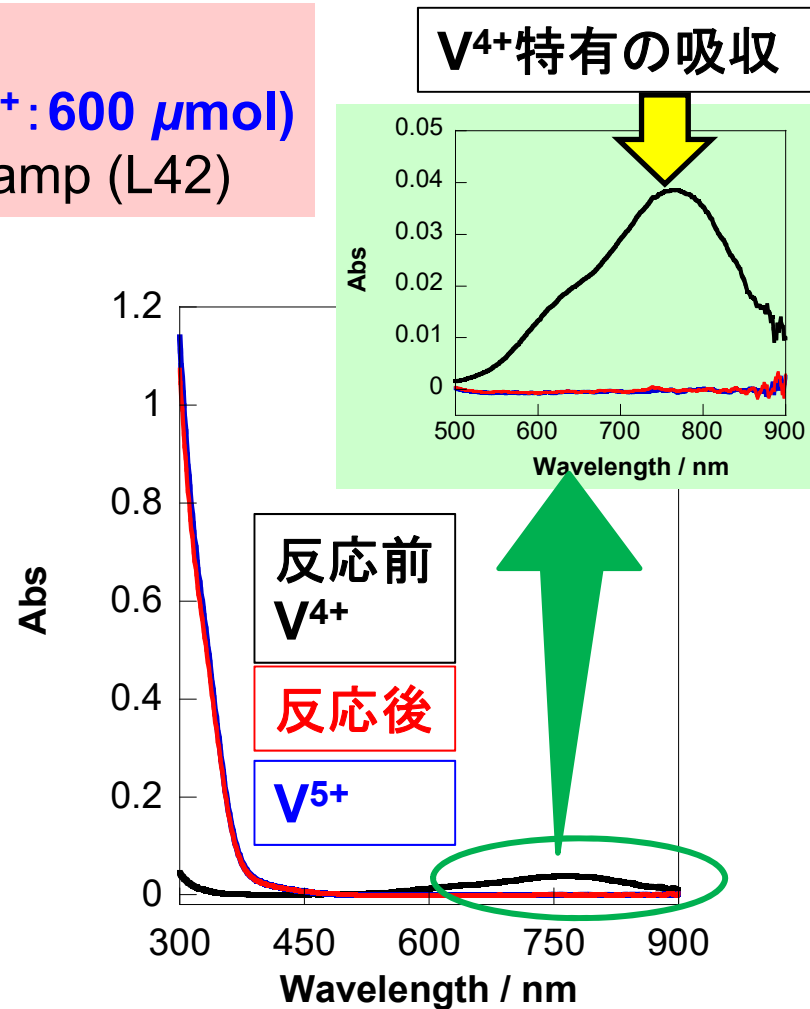
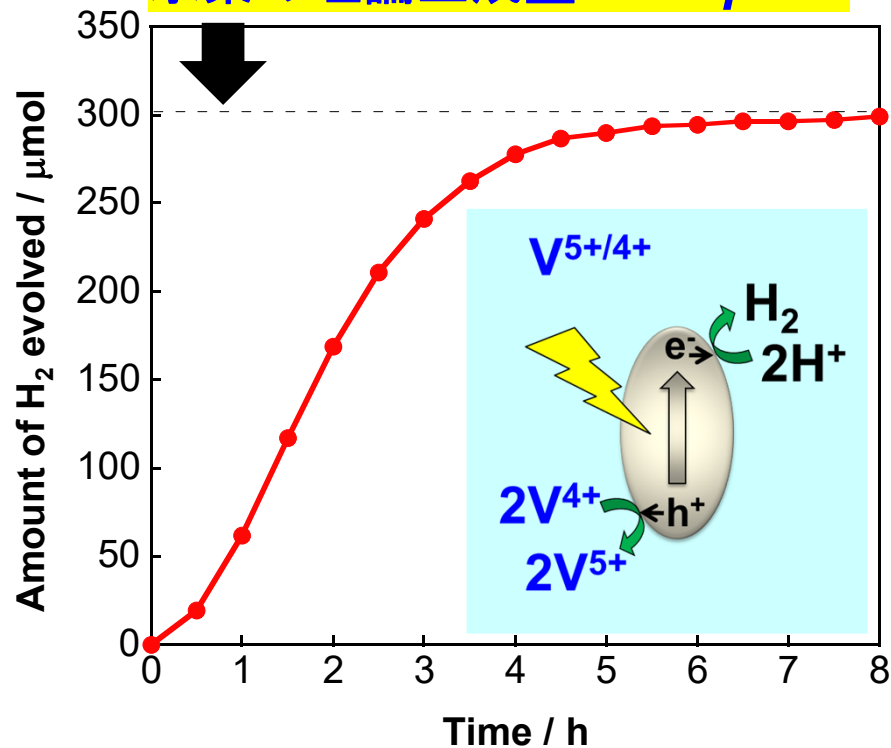
- 1、光触媒による充電反応①: 水素生成を伴う V^{4+} 酸化反応 (1.0 V vs NHE)
- 2、光触媒による充電反応②: 酸素生成を伴う $Co(bpy)_3^{3+}$ 還元反応 (0.3 V vs NHE)
- 3、 $(Co(bpy)_3^{2+} - V^{5+})$ レドックスフロー電池の放電特性



光触媒による充電反応① (水素生成を伴うV⁴⁺酸化反応)

Ru(0.7wt%)/SrTiO₃:Rh(1%) : 50 mg
 2 mM VOSO₄, pH2.2 : 300 mL (V⁴⁺ : 600 μmol)
 Light source : 300 W Xe lamp (L42)

水素の理論生成量 : 300 μmol

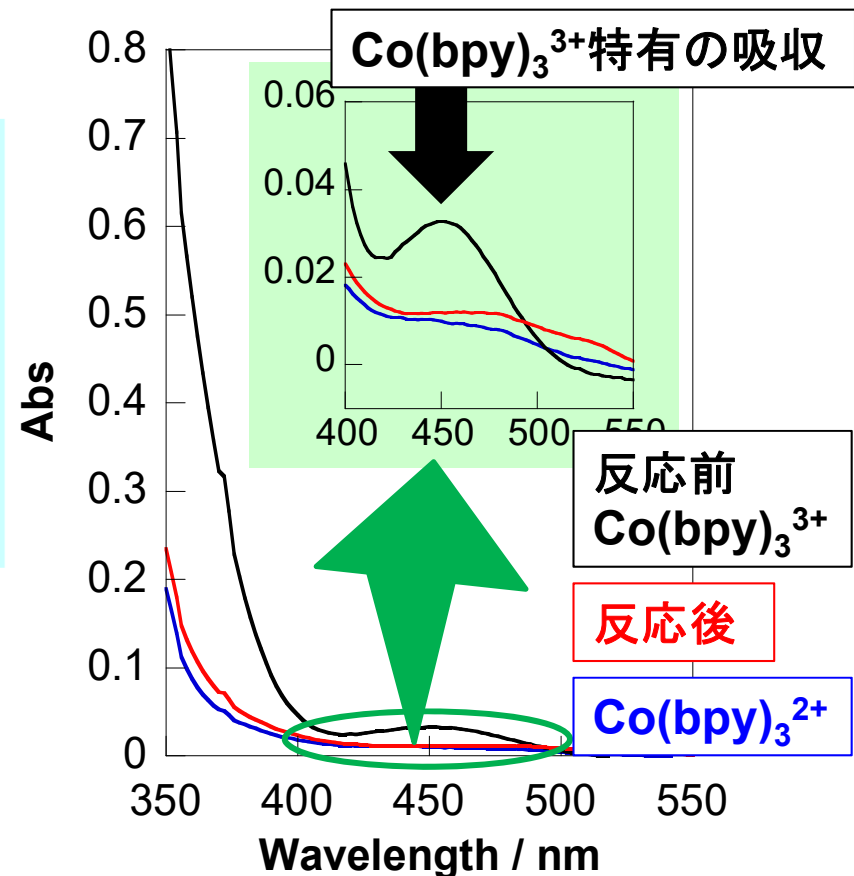
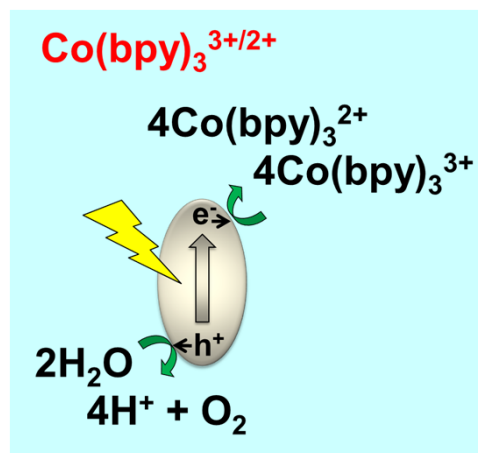
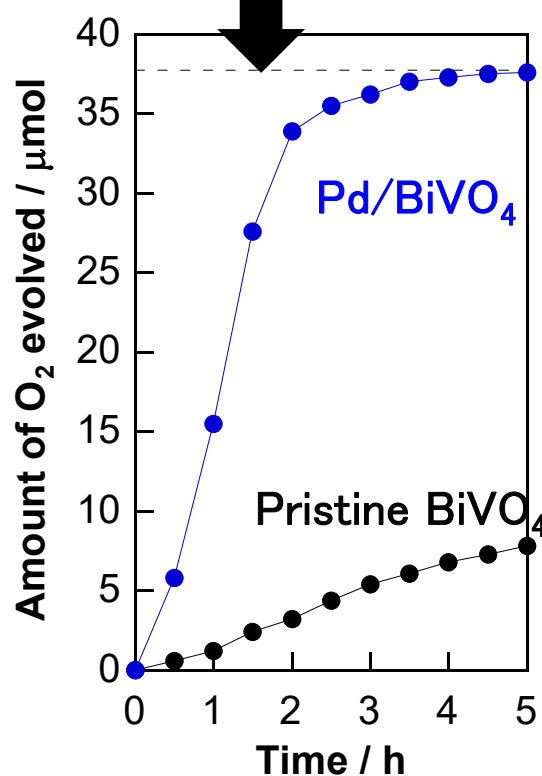


充電反応①が100%完了するまで速やかに水素が生成

光触媒による充電反応② (酸素生成を伴う $\text{Co}(\text{bpy})_3^{3+}$ 還元反応)

Pd(0.01wt%)/ BiVO_4 : 400 mg
 0.5 mM $\text{Co}(\text{bpy})_3^{3+}$, pH2.2 : 300 mL (**150 μmol**)
 Light source : 300 W Xe lamp (L42)

酸素の理論生成量: 37.5 μmol



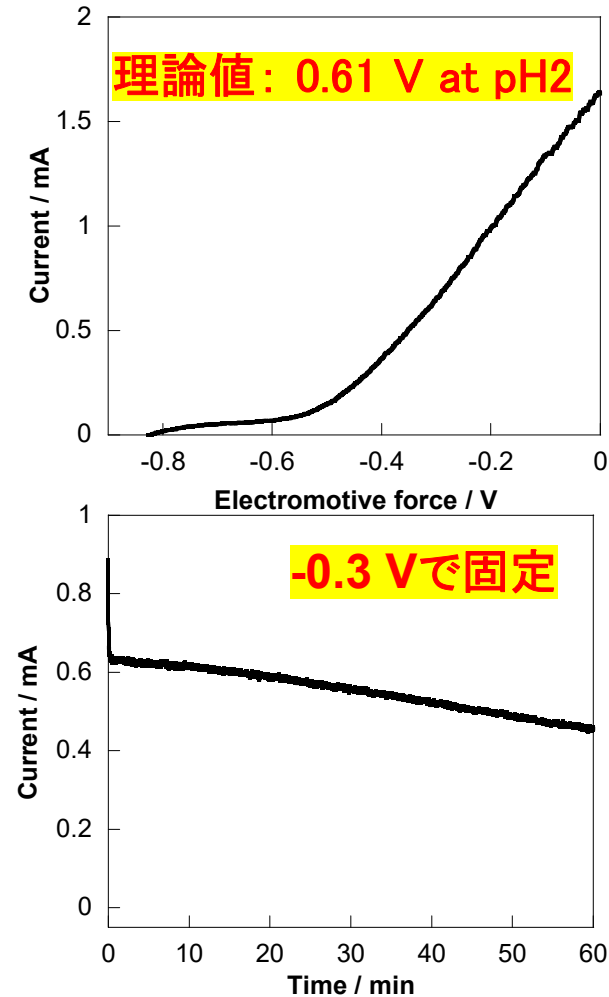
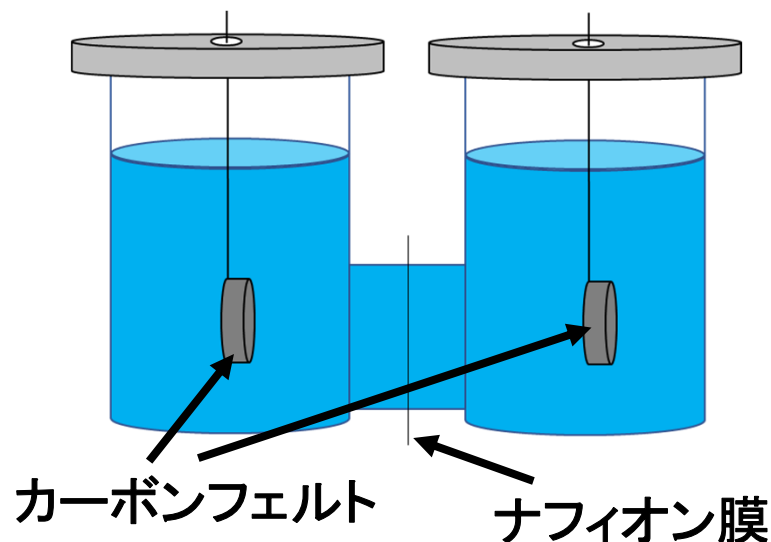
充電反応②が100%完了するまで速やかに酸素が生成

(Co(bpy)₃²⁺ — V⁵⁺)レドックスフロー電池の放電特性評価

レドックスフロー電池の放電特性評価

～対極との二電極法～

- 作用極 : カーボンフェルト
- 対極 : カーボンフェルト
- アノード溶液 : 0.5 mM Co(bpy)₃²⁺
- カソード溶液 : 2 mM VO₂⁺(V⁵⁺)
- 掃引速度 : 10 mVs⁻¹



光触媒反応で獲得した化学エネルギーを
電力エネルギーへ変換可能

結言

光触媒による充電反応①（水素生成を伴う V^{4+} 酸化反応）

- ✓ Ru/SrTiO₃:Rhを用いることで、 V^{4+} が100%酸化されるまで速やかに水素が生成。

光触媒による充電反応②（酸素生成を伴う $Co(bpy)_3^{3+}$ 還元反応）

- ✓ BiVO₄を用いた場合、反応はわずかにしか進行しなかった。
- ✓ Pd(0.01wt%)を助触媒として導入したBiVO₄が高い性能を示し、 $Co(bpy)_3^{3+}$ が100%還元されるまで速やかに酸素が生成。

($Co(bpy)_3^{2+}$ — V^{5+})レドックスフロー電池の放電特性

- ✓ レドックスのポテンシャル差に相当する電圧を有する電力が比較的効率よく取り出せた。

**光エネルギーを電力および水素エネルギーへ直接変換可能な
新規な光触媒反応系の実証に成功**